

# UbiComp – Teil 2: Technologien Eine Übersicht

**Prof. Dr.-Ing. Dorothea Schwung**

# Quiz zur Wiederholung

[www.kahoot.it](http://www.kahoot.it)

# Anknüpfung

## Vision des Ubiquitous Computing

- Computer durchdringen unseren Alltag.
- Computer werden „unsichtbar“ („*Computing without Computers*“).
- Computer unterstützen uns durch eigene Wahrnehmung, proaktives Handeln und Kooperation untereinander.

## Im UbiComp-Zeitalter werden „alle“ Dinge „intelligent“, d.h.

- Sie nehmen ihren Kontext wahr.
  - Sie können eigene Schlussfolgerungen ziehen.
  - Sie kooperieren untereinander.
  - Sie passen sich an die Bedürfnisse des Benutzers an.
- 
- Führt das zu mehr Komplexität?
  - Wollen wir mehr Komplexität?
  - Was könnten wir gegen mehr Komplexität unternehmen?

# Lernziele Teil 2

1. Sie können die wegbereitenden Technologien für das UbiComp benennen.
2. Sie wissen, wodurch sich verteilte Systeme kennzeichnen.
3. Sie können die RFID Technologie erklären und kennen mögliche Ausführungen und Anwendungen.
4. Sie können die RFID Typen klassifizieren.

# Verteilte Systeme

Entscheidende **Entwicklungen** in den letzten 50 Jahren:

## 1. **Leistungsfähige Mikroprozessoren und Speicher**

- CPU: 8 Bit -> 64 Bit
- Steigende Taktraten und Integrationsdichte
- Preisleistungssteigerung um den Faktor  $10^{13}$

## 2. **Hochgeschwindigkeitsrechnernetzwerke**

- LANs (Local Area Networks, Lokale Netzwerke):  
hundert von Rechnern innerhalb eines Gebäudes
- WANs (Wide Area Networks, Weitverkehrsnetze): Kommunikation rund um die Erde

=> Übergang vom **zentralen System** zum **verteilten System**

# Verteilte Systeme - Definition

## [Tanenbaum]:

Ein verteiltes System ist eine Menge voneinander unabhängiger Rechner, die dem Benutzer wie ein einzelnes, kohärentes System erscheinen.

## Zwei Aspekte:

1. Hardware: **autonome** Rechner
2. Software: Benutzer sehen ein **einziges** System

# Verteilte Systeme

## Eine generelle Beschreibung:

Ein verteiltes System ist ein System, in dem

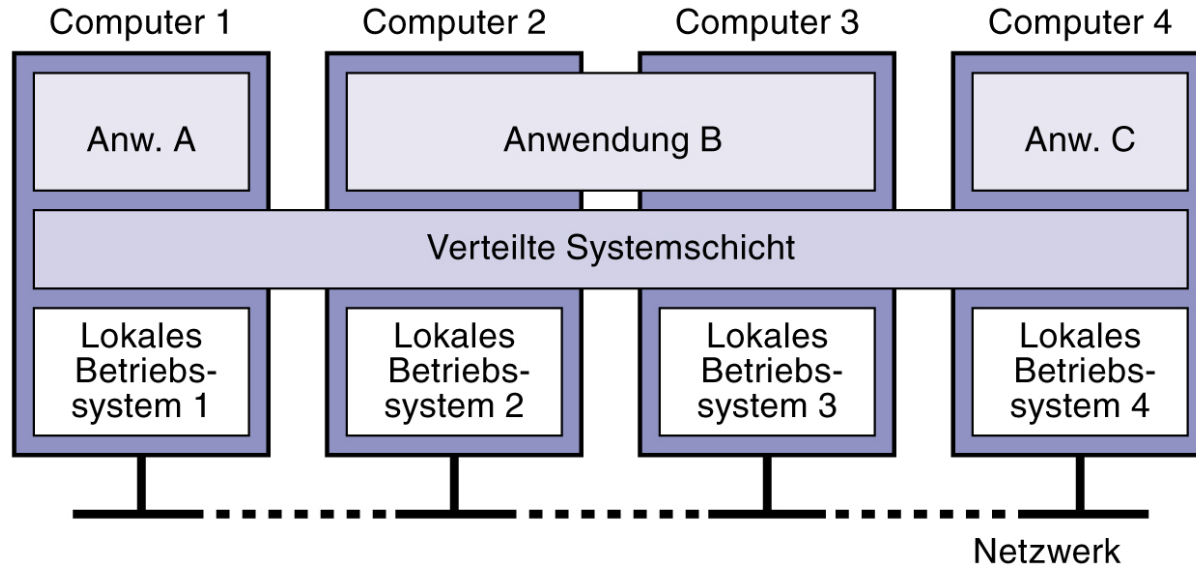
- **Hard-** und **Software**komponenten,
- die sich auf miteinander **vernetzten Computern** befinden,
- miteinander **kommunizieren** und ihre **Aktionen koordinieren**,
- indem sie **Nachrichten austauschen**.

# Verteilte Systeme - Eigenschaften

1. Für Benutzer nicht sichtbar:
  1. unterschiedliche **Rechner**
  2. unterschiedliche **Kommunikationsarten**
  3. interne **Organisation**
2. **Einheitliche, konsistente Kommunikation** zwischen Benutzern und Anwendungen
3. Software-Schicht (**Middleware**) verdeckt **heterogene** Rechner und Netzwerke
4. **Skalierbarkeit**: Rechner hinzufügen oder ersetzen



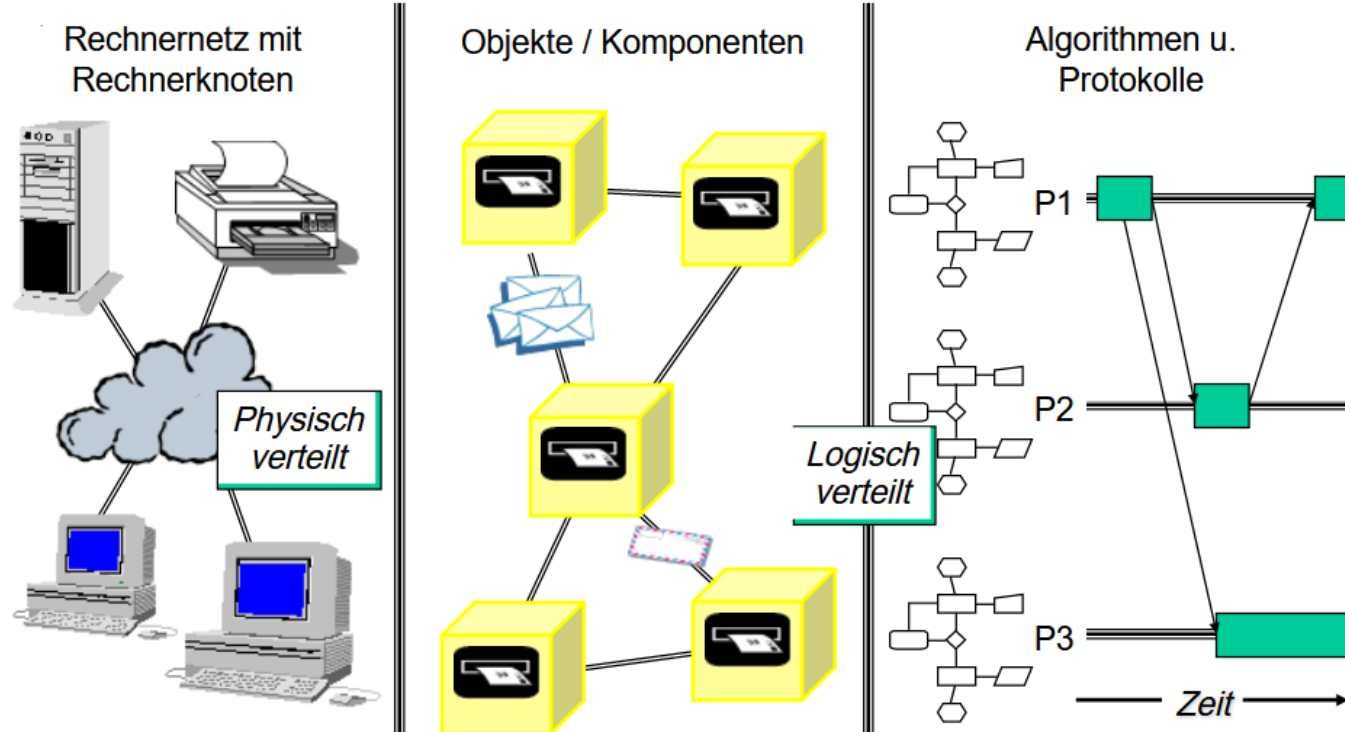
# Verteilte Systeme



Beispiele: WWW oder Informationssystem in einem Unternehmen

# Verteilte Systeme

## Verschiedene Blickwinkel auf verteilter Systeme



# Verteilte Systeme

## Anforderungen an/Ziele von verteilte Systeme

- gemeinsame Ressourcennutzung, Performance (Parallelität, Kommunikation)
- Verteilungstransparenz
- Zuverlässigkeit (Fehlertoleranz, Sicherheit)
- Offenheit
- Skalierbarkeit

# Verteilte Systeme – Zugriff auf Ressourcen

- Ziele für Benutzer:
  1. **Einfacher Zugriff auf entfernte** Ressourcen (BM)
  2. **Gemeinsame Ressourcennutzung** mit anderen Benutzern, z.B. Drucker, Daten, Superrechner, ...
  3. Vereinfachte **Zusammenarbeit** und **Informationsaustausch**
- Ergebnis: **virtuelle Organisationen** mit
  - weitläufig verteilten Mitarbeitern
  - Zusammenarbeit über **Groupware**-Anwendungen
- **Problem**: Hohe Anforderungen an die **Sicherheit**
  - Überwachung der Benutzer anhand Kommunikation
  - Ziel: Schutz der Privatsphäre

# Verteilte Systeme – Verteilungstransparenz I

**Transparenz:** Heterogenität und Verteilung verbergen:

- **Zugriffstransparenz:** einheitlicher Zugriff auf Systeme trotz
  - unterschiedlicher Namenskonventionen
  - Unterschiede in der Datendarstellung, z.B. Little Endian und Big Endian
- **Ortstransparenz:**
  - physikalischer Aufenthaltsort der Ressourcen
  - Realisierung von logischen Namen wie URLs
- **Migrationstransparenz:**
  - Ressource werden verschoben
  - Zugriff bleibt erhalten
- **Replikationstransparenz:**
  - mehrere Kopien einer Ressource
  - konsistente Daten

# Verteilte Systeme – Verteilungstransparenz II

- **Nebenläufigkeitstransparent:**
  - gleichzeitige Ressourcennutzung durch **konkurrierende** Benutzer
  - geeignete Synchronisation ist notwendig
- **Fehlertransparenz:**
  - Ausfall und Wiederherstellung von Ressourcen
  - Problem: Unterscheidung zwischen ausgefallenen und überlasteten Systemen
- **Persistenztransparenz:**
  - Ressource sind im Hauptspeicher oder auf der Festplatte
  - Aufgabe: Aktivierung/Deaktivierung von Ressourcen
- **Aber:**
  - Transparenz ist **nicht 100%** erreichbar
  - WAN-Kommunikation dauert länger als LAN-Kommunikation

# Verteilte Systeme

## Performance

- einer der Hauptanwendungsgebiete verteilter Systeme: Parallelisierbarkeit
- Parallelisierbarkeit bei z.B. :
  - Simulation
  - Dateizugriff
  - Login
  - E-mail Diensten verschiedener Benutzer
- Erzielbare Wirkung hängt ab von:
  - dem Grad der Parallelisierbarkeit des Problems
  - Kommunikationsvolumen zwischen Komponenten
  - Fehlertoleranzstrategien
  - Sicherheitsstrategien (evtl. aufwendige Verschlüsselungsmechanismen)
- Methoden zur Erzielung von Parallelität:
  - Algorithmenentwurf
  - Komponentenentwurf: Trennung von Diensten, Mehrfachinstallation
  - Aufgabenverteilung und Koordination
  - Lastverteilungsschemata, Migration

# Verteilte Systeme

## Zuverlässigkeit

- Verfügbarkeit
  - ein weiteres wichtiges Pro für verteilte Systeme
  - bei einem Ausfall arbeitet das Restsystem (mit verminderter Leistung) theoretisch weiter
  - Redundanz
- Sicherheit
  - Ziele:
    - Schutz gegen unbefugten Zugriff auf Daten oder deren Manipulation
    - Nicht - Abstreitbarkeit eingegangener Verpflichtungen
    - Schutz gegen unbefugte Ressourcenreservierung
- Verletzung der Schutzmechanismen erheblich schwieriger als bei monolithischen Systemen durch:
  - offene, unkontrollierbare Umgebung
  - unterschiedliche Betriebssysteme



# Verteilte Systeme

## Skalierbarkeit

- Eigenschaft eines (verteilten) Systems, seine Größe ohne Veränderung von System- und Anwendersoftware modifizieren zu können
- Anzahl der Benutzer, Workstations, Servermaschinen, Subjekte, Objekte, Clients, Servers sind variabel
- Problembereiche sind zentrale Tabellen, Komponenten, Algorithmen

# Verteilte Systeme

## Offenheit

- Eigenschaft eines (verteilten) Systems, seine Funktionalität oder Größe erweitern zu können und verschiedene Komponenten auf verschiedenen Verarbeitungsknoten verarbeiten zu können (→ Portabilität).
  - Hardware: neue Komponenten und Systeme
  - Software: neue Dienste, Protokolle
- Methoden zur Erzielung von Offenheit:
  - Offenlegung von Schnittstellen (Standardschnittstellen)
  - Standardisierte IPC

# Verteilte Systeme

## Klassen verteilter Systeme

1. Verteilte Computersysteme für Hochleistungs-berechnungen
  1. Cluster-Computersysteme
  2. Grid-Computersysteme
2. Verteilte Informationssysteme
  1. Systeme zur Transaktionsverarbeitung
  2. Integration von Unternehmensanwendungen
3. Verteilte Pervasive Systeme
  1. Haus- und Multimedia- Systeme
  2. Informationssysteme im Gesundheitswesen
  3. Sensornetze

# Verteilte Systeme

## Verteilte pervasive Systeme

- Bisher (1. und 2.) stabile Systeme
  - Fixe Knoten und permanente, hochwertige Verbindungen
  - Verteilungstransparenz relativ einfach, wenige Fehler
- Pervasive Systeme
  - Mobile und eingebettete Systeme
  - Häufig kleine, batteriebetriebene Geräte mit Funkverbindung
  - Grundsätzliches Fehlen von administrativer Steuerung

# Verteilte Systeme

## Anforderungen für pervasive Systeme

1. Erfassen kontextueller Veränderungen
  - Gerät achtet kontinuierlich auf Veränderungen seiner Umgebung
  - Beispiel: Netzwerk ist nicht mehr verfügbar
2. Unterstützung der Ad-hoc-Zusammensetzung
  - Geräte werden von unterschiedlichen Benutzern unterschiedlich genutzt
  - Konfiguration automatisch oder einfach durch Benutzer
3. Gemeinsame Nutzung als Standard
  - Geräte treten einem System bei, um auf Informationen zuzugreifen oder Informationen bereitzustellen
  - Durch wechselnde Verbindungen stehen wechselnde Informationen bereit

Schlussfolgerung:

Anwendungsabhängige Anpassung an lokale Umgebung

# Verteilte Systeme

## Haus- und Multimedia-Systeme

- Zunehmend Hausnetzwerke mit PCs und Unterhaltungselektronik (TV, Audio, Video, PDA, ...)
- Zukünftig: Küchengeräte, Überwachungskameras, Beleuchtungs-steuerung, ... in einem verteilten System
- Herausforderungen:
  - Vollständig selbstkonfigurierend und selbstverwaltend
  - Momentan: UPnP (Universal Plug and Play)
    - Automatisch IP-Adresse zuweisen
    - Gegenseitige Erkennung
  - Weitere Anforderung: automatische Updates
- Weiteres Thema: persönlicher Raum
  - Persönliche Dinge speichern mit permanentem Zugriff
  - Andere nur über autorisierte Zugriffe
  - Problem: Riesige Mengen von Daten
  - Kleine Speicher mit großer Kapazität mildern das Problem

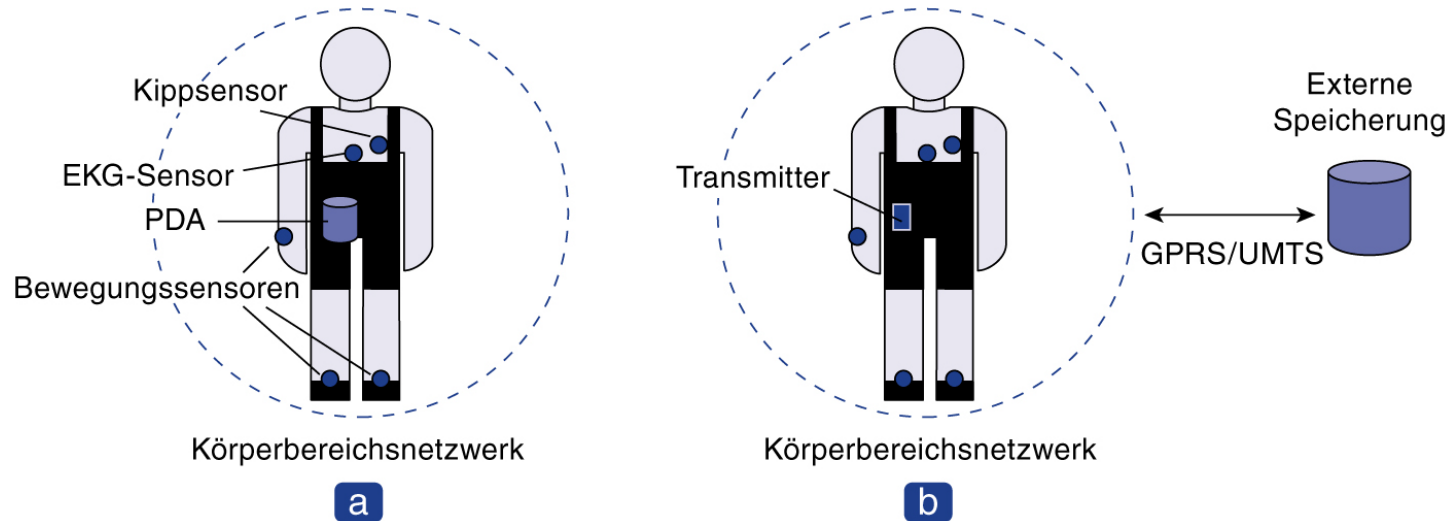
# Verteilte Systeme

## Informationssysteme im Gesundheitswesen

- Neue Geräte überwachen Wohlergehen von Einzelpersonen
- Bei Bedarf wird Arzt automatisch kontaktiert
- System besteht aus Sensoren zur Gesundheitsvorsorge
- Bevorzugt kabellos für minimale Behinderung
- BAN (Body Area Network) + Rechner + Externe Verbindung
- Fragen:
  1. Wo und wie sollen Überwachungsdaten gespeichert werden?
  2. Wie kann der Verlust kritischer Daten verhindert werden?
  3. Welche Infrastruktur wird benötigt, um Alarme auszulösen?
  4. Wie können Ärzte Online-Feedback leisten?
  5. Wie kann eine äußerste Robustheit des Systems gewährleistet werden?
  6. Welche Sicherheitsaspekte gibt es und wie lassen sich geeignete Verfahren durchsetzen?

# Verteilte Systeme

## Überwachung einer Person mittels pervasivem System





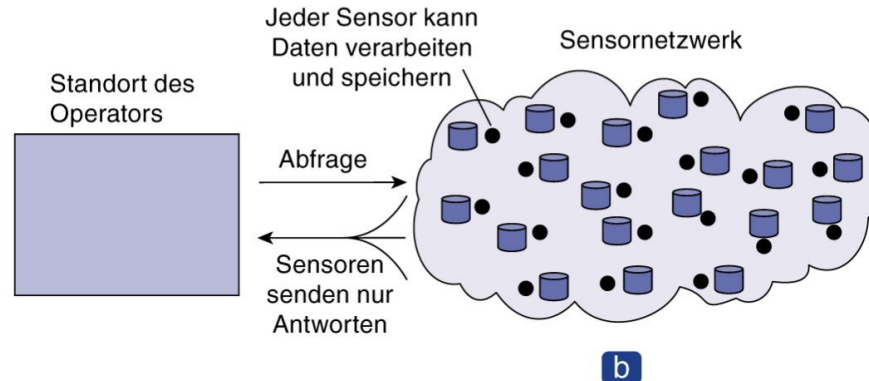
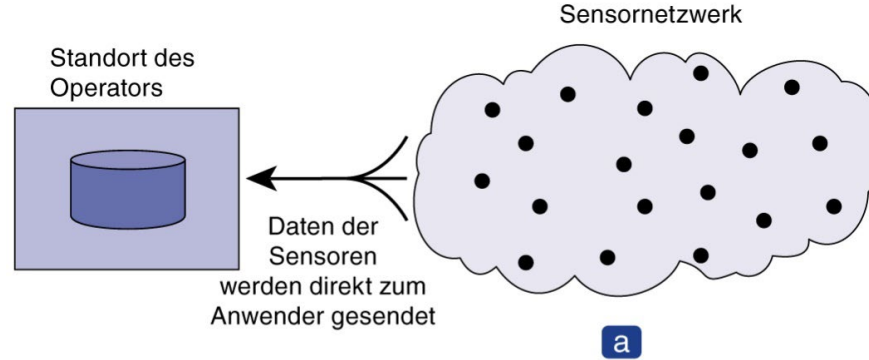
# Verteilte Systeme

## Sensornetze

- Sensornetze bilden die Grundlage für pervasive Systeme
- Ein Sensornetz besteht aus 10 bis etwa 1000 kleinen Knoten mit Messgeräten
- Meist batteriebetrieben und drahtlos
- Begrenzte Ressourcen, eingeschränkte Kommunikationsmöglichkeiten und geringer Leistungsbedarf
- Mess- und Überwachungsanwendungen
- Alternative Ansätze:
  1. Sensoren geben nur Messwerte an die Anwendung
  2. Sensoren bereiten die Daten auf
  3. Mischform: Datenaggregation an Zwischenknoten mit mehr Ressourcen

# Verteilte Systeme

## Alternative Sensornetze



# Verteilte Systeme - Zusammenfassung

## Verteilte Systeme

- bestehen aus autonomen Rechnern
- Sicht auf ein einziges, kohärentes System
- **Vorteile:**
  - einfacherer Erstellung von Anwendungen
  - gute Skalierbarkeit
- **Nachteile:**
  - komplexere Software
  - Leistungseinbußen durch Verteilungstransparenz

## Klassen verteilter Systeme

- Verteilte Computersysteme
- Verteilte Informationssysteme
- Verteilte Pervasive Systeme

# RFID

- **Anwendungsgebiete von RFID** (Radio Frequency Identification)

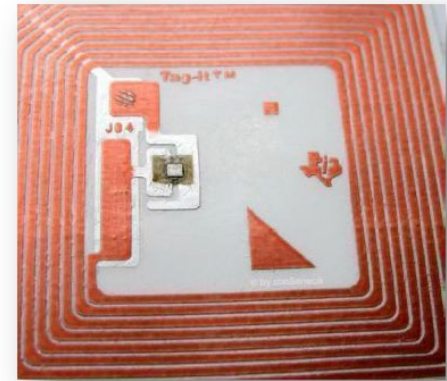
- Identifizierung
- Zutrittskontrolle
- Produktetikette
- Diebstahlsicherung
- Positionsortung
- etc.



# RFID – Was genau ist das?

## Was ist RFID?

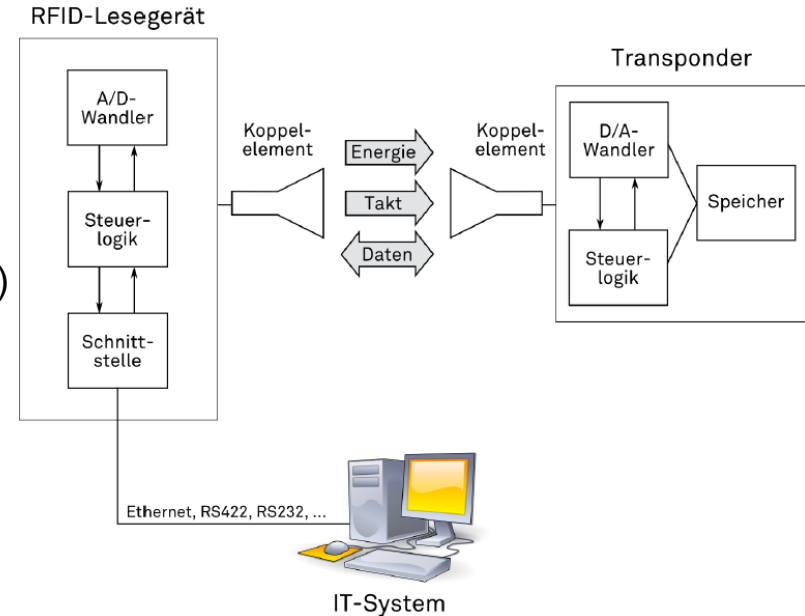
- Technologie zur berührungslosen Übertragung binär kodierter Daten
- Kein Sichtkontakt erforderlich
- Als Identifikationsmerkmal werden Transponder eingesetzt (von Transmitter und Responder)
- Transponder enthalten
  - Identifikationsnummer
  - Optional auch Daten
- Einsatzzweck: Kennzeichnung von
  - Gegenständen
  - Tieren
  - Personen



# RFID - Arbeitsweise

## Prinzipielle Arbeitsweise

- Beteiligte Komponenten:
  - Transponder (kurz: Tag)
  - RFID-Lesegerät
  - Koppel-element (z.B. Spule, Kondensator, Antenne)
- Lesegerät und Tag enthalten integrierte Schaltungen
  - A/D-Wandler
  - D/A-Wandler
  - Steuerlogik
  - Speicher (ROM/RAM)
- Tag kann über eine eigene Energieversorgung verfügen



# RFID - Klassifikation

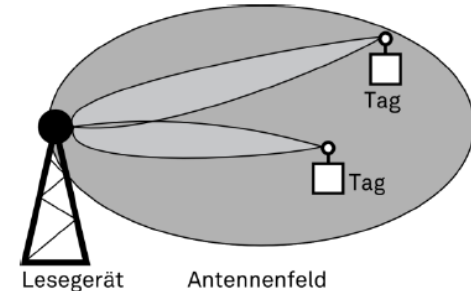
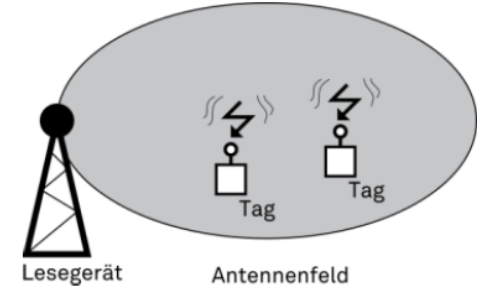
## Klassifikation

- RFID-Systeme werden häufig unterteilt nach
  - Energieversorgung
  - Frequenzbereich
  - Übertragungsverfahren
  - Ausführungsform
  - Speichertyp & -Größe

# RFID - Energieversorgung

## Energieversorgung

- Energieversorgung des Transponders (engl. Tag) ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal
- Art der Energieversorgung hat Einfluss auf: Reichweite, Lebensdauer, Kosten und Baugröße
- Klassifizierung anhand der Energieversorgung nicht immer einheitlich!
- Wichtiges Unterscheidungsmerkmal: „Wie kommuniziert der Tag mit dem Lesegerät?“
  - Manipulation des Antennenfeldes
  - Erzeugung und Aussenden eines eigenen Signals (Kurzstreckenfunkgeräte, Telemetriesender)





# RFID - Energieversorgung

## Energieversorgung

- Passive Transponder (Häufigste Variante)
  - Energieversorgung des Chips: Aus dem Antennenfeld
  - Kommunikation: Manipulation des Antennenfelds
  - Reichweite: bis ca. 15m
- Aktive Transponder (Kurzstreckenfunkgeräte)
  - Energieversorgung des Chips: Aus Batterie
  - Kommunikation: Erzeugung eines eigenen Felds
  - Reichweite: mehrere hundert Meter
- Semi-Passive Transponder (geringe Verbreitung!)
  - Energieversorgung des Chips: Aus Batterie
  - Kommunikation: Manipulation des Antennenfelds
  - Reichweite: bis ca. 15m



# RFID – Die Frequenzen

## Frequenzbereiche

Frequenzbereich	Typ	Reichweite	kbit/s
125–135 kHz (LF)	passiv	einige Zentimeter	4
13,56 MHz (HF)	passiv	bis zu einem Meter	26
433 und 868 MHz (UHF)	aktiv/passiv	mehrere Meter	40
2,45 GHz (Mikrowelle)	aktiv	bis zu mehreren hundert Metern	320

# RFID - Übertragungsprinzipien

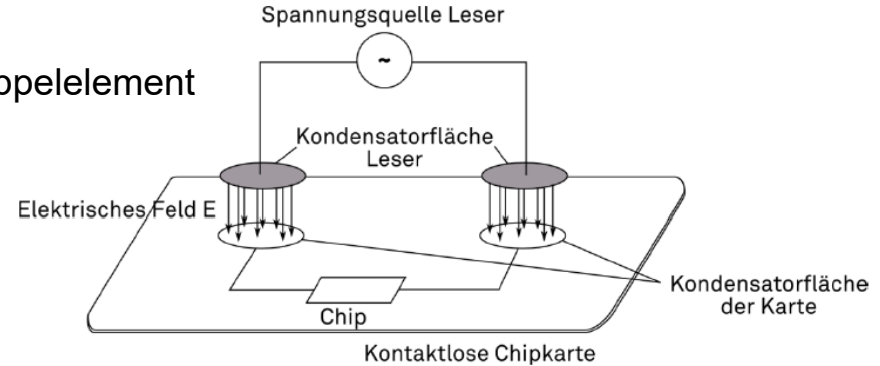
## Übertragungsprinzipien

- Verfahren der Kopplung von Tag und Leser
  - Kapazitive Kopplung
  - Induktive Kopplung
  - Elektromagnetische Kopplung
- Zugrundeliegendes physikalische Prinzip hat Auswirkung auf
  - Bauweise des Koppelements
  - Störquellen
  - Reichweite (wenige mm bis ca. 15m)
- Klassifizierung
  - Close-Coupling-Systeme (bis ca. 1 cm)
  - Remote-Coupling-Systeme (bis ca. 1 m)
  - Long-Range-Systeme ( $\gg 1$  m)

# RFID - kapazitiv

## Kapazitive Kopplung

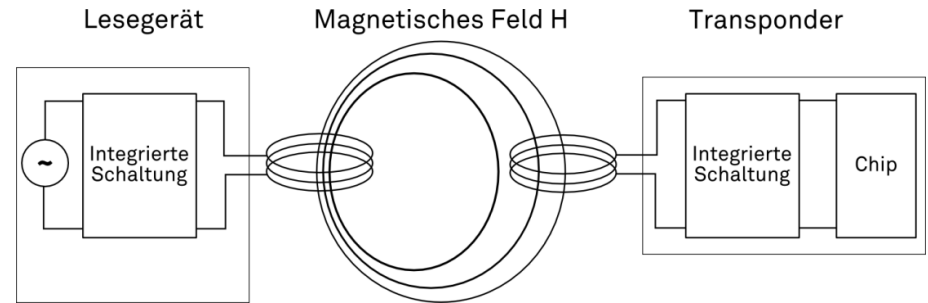
- Plattenkondensatoren oder Elektroden als Koppellement
- Lesegerät erzeugt elektrisches Feld
- Varianten:
  - Close-Coupling
  - Remote-Coupling
    - Tag dämpft durch Ein- und Ausschalten eines Widerstandes  
Schwingkreis im Lesegerät (Lastmodulation)
- Merkmale:
  - Stark wechselnde Lesereichweiten
  - Geringe Verbreitung



# RFID - induktiv

## Induktive Kopplung

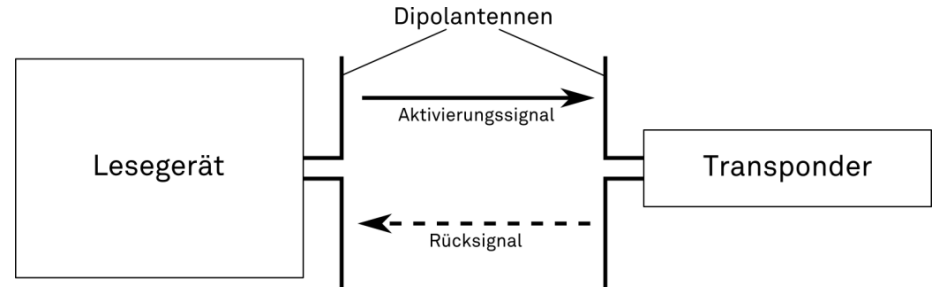
- Spulen als Koppellement
- Lesegerät erzeugt magnetisches Wechselfeld
- Varianten:
  - Close Coupling
  - Remote Coupling
    - Basiert häufig auf Lastmodulation
- Merkmale:
  - Hohe Verbreitung
  - Transponder entzieht dem Feld des Lesegeräts Energie
  - Reichweite kann stark von der Lage des Transponders abhängen



# RFID - elektromagnetisch

## Elektromagnetische Kopplung

- Dipol-Antennen als Koppelement
- Lesegerät erzeugt elektromagnetisches Wechselfeld
- Varianten:
  - Long Range (passiv) bis ca. 15 m
  - Long Range (aktiv) mehrere 100m
- Merkmale:
  - Backscatter-Verfahren, d.h. Tag reflektiert/absorbiert elektromagnetische Wellen gezielt
  - Reichweite kann stark von der Lage des Transponders abhängen



# RFID – Ein Transponder

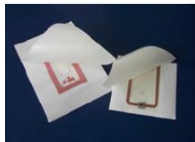
## Ausführung von Transpondern



- Disks und Münzen:
  - ABS-Spritzguss- oder PS-Gehäuse (bis 10 cm)
  - Bis 200°C & 1400 bar



- Glasröhrchen:
  - Wenige mm bis 36 mm lang
  - Wenige mm dick



- Smart-Labels:
  - Abmessung ca. 4x8cm
  - Dicke <1 mm
  - Mit Barcode bedruckbar



- Plastikgehäuse
  - Häufig bei semi-passiven Tags



- Einsatz:  
Sicherheitssysteme
  - Schlüssel
  - Zugangskarten

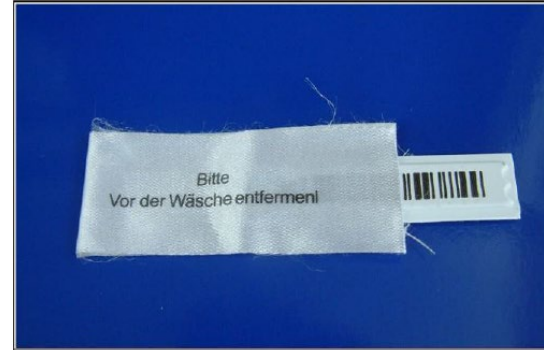


- Einsatz:  
Auf metallischen Objekten
  - In Plastikgehäusen

# RFID - Beispiel

## Smart Labels

- Zwei Zustände:
  - Transponder im Lesebereich
  - Transponder nicht im Lesebereich
- Meistverbreiteter Transpondertyp
- Einsatz zur elektronischen Warensicherung
- Technische Ausführungen:
  - Radiofrequenz-Verfahren
  - Mikrowellenverfahren
  - Akustomagnetisches Verfahren
  - Etc.

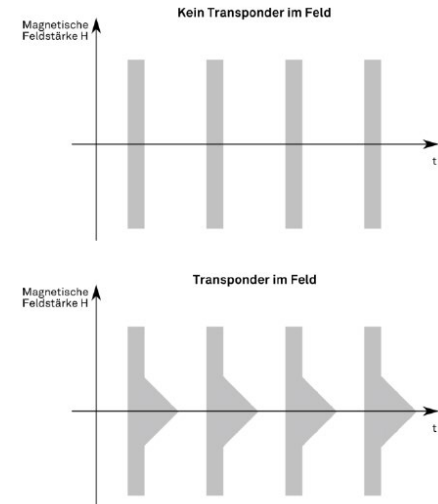
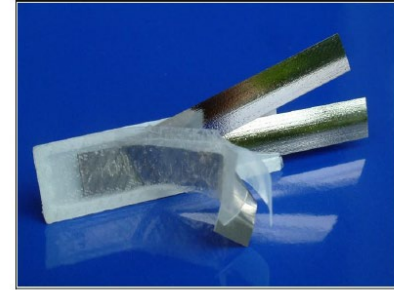




# RFID - Beispiel

## Akustomagnetische 1-Bit Transponder

- Aufbau:
  - Tag: Magnetostruktives, amorphes Metallplättchen P
  - Generatorspule S1
  - Sensorspule S2
- Funktionsweise:
  - S1 erzeugt magnetisches Wechselfeld
  - P fängt an zu schwingen
  - S1 wird zyklisch abgeschaltet
  - P schwingt weiter und erzeugt magn. Wechselfeld
  - S2 detektiert Wechselfeld

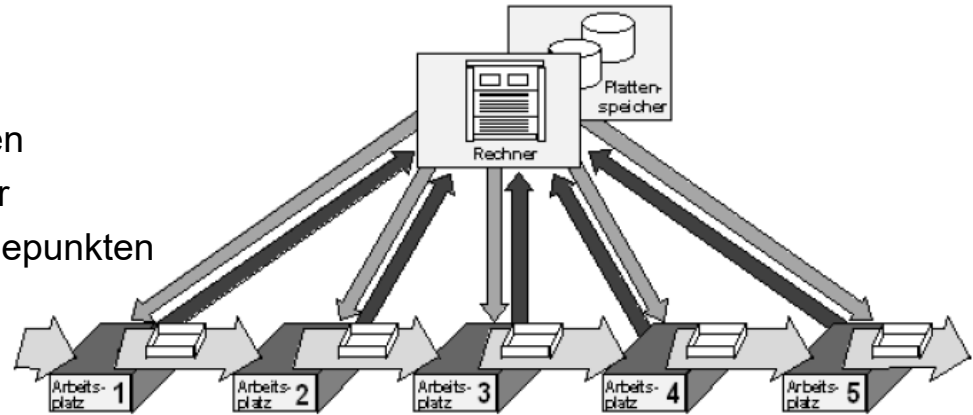


# RFID in der Automation

## Tag speichert Referenz-ID

## Data-on-Network

- Zentrale Datenhaltung
- Eindeutige Produktidentifikation
- Einmal beschreiben, mehrfach lesen
- Einfache und günstige Transponder
- Informationsaustausch an Übergabepunkten
- Hoher Kommunikationsaufwand
- Tags als Barcode-Ersatz



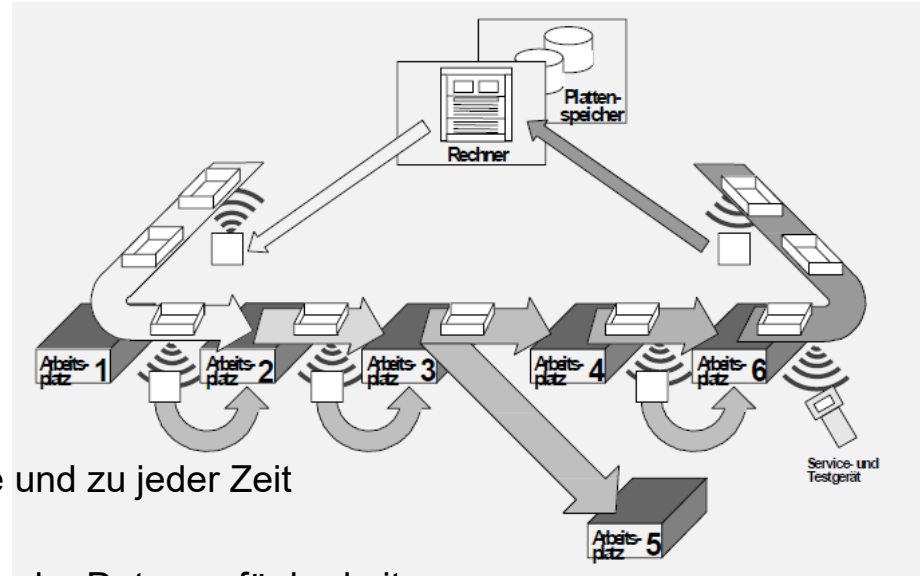
→ Data Warehouses Systeme

# RFID in der Automation

## Tag speichert Referenz

## Data-on-Tag

- Dezentrale Datenhaltung
  - Informationsmengen > 1 kByte
  - Redundanz
  - Mehrfach beschreiben, mehrfach lesen
  - Synchronisation an jeder beliebigen Stelle und zu jeder Zeit
- Einsatz in der Steuerung oder zur Erhöhung der Datenverfügbarkeit



# RFID in der Automation

## RFID Varianten: LF RFID

- **Low Frequency (LF)** RFID-Systeme arbeiten im niedrigen Frequenzbereich von 125 – 135 kHz
- Merkmale:
  - Nutzen passive Transponder
  - Geringe Speicherkapazität (wenige 100 Bit)
  - Arbeiten i.d.R. mit induktiver Kopplung
  - Unempfindlich gegen Feuchtigkeit und Nässe
  - Probleme mit Metallen
  - Proprietäre Unterschiede
- Einsatzbeispiele:
  - Nutz- und Haustierkennzeichnung (z.B. TASSO)
  - Wegfahrsperre
  - Etc.

# RFID in der Automation

## RFID Varianten: HF RFID

- **High Frequency (HF)** RFID-Systeme arbeiten im hohen Frequenzbereich von 13,56 MHz
- Merkmale:
  - Nutzen hauptsächlich passive Transponder
  - Unterschiedliche Speicherkapazität (bis mehrere kByte)
  - Arbeiten i.d.R. mit induktiver Kopplung
  - Unempfindlich gegen Feuchtigkeit und Nässe
  - Probleme mit Metallen
  - Standards verfügbar (ISO 15693, ISO 14443)
  - Pulkfähigkeit (Multitag)
- Einsatzbeispiele:
  - Logistik
  - Zugangskontrolle zu Gebäuden

# RFID in der Automation

## RFID Varianten: UHF RFID

- **Ultra High Frequency (UHF)** RFID-Systeme arbeiten im sehr hohen Frequenzbereich (z.B. 868 MHz)
- Merkmale:
  - Nutzen passive und aktive Transponder
  - Geringe Speicherkapazität (bis 512 Bit)
  - Arbeiten mit elektromagnetischer Kopplung
  - Dielektrische Verluste bei Wasser
  - Reflexionen an Metallen
  - Standards verfügbar (ISO 18000\*, EPC gen2)
  - Pulkfähigkeit (Multitag)
- Einsatzbeispiele:
  - Logistik
  - Produktion

# RFID in der Automation

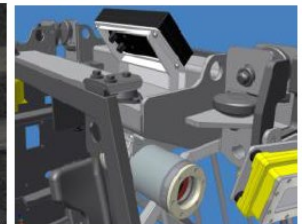
## RFID Varianten: Mikrowellen RFID

- **Mikrowellen RFID-Systeme** arbeiten im sehr hohen Frequenzbereich (z.B. 2,45 bzw. 5,8 GHz)
- Merkmale:
  - Nutzen ausschließlich aktive Transponder
  - Arbeiten mit elektromagnetischer Kopplung
  - Reichweite mehrere hundert Meter
- Einsatzbeispiel:
  - Ortung auch über größere Distanzen (>100m) (Container, Fahrzeuge, Personen)

# RFID in der Automation

## Anwendungen

- Positionserfassung von Einschienenhängebahn
- Lesegeräte an der Einschienenhängebahn
- 13,56 MHz Transponder an der Schiene
- Seitliche Anbringung der Transponder ermöglicht Richtungserkennung
- Erprobt bis 3 m/s, im Einsatz bei max. 2,7 m/s





# RFID in der Automation

## Anwendungen

- Intelligente Behälter durch programmierbare Datenträger
- Steuerungsinformationen am Gut
- Dynamisches Routing-on-Tag
- Wegfindung ohne zentrale Steuerungsinstanz



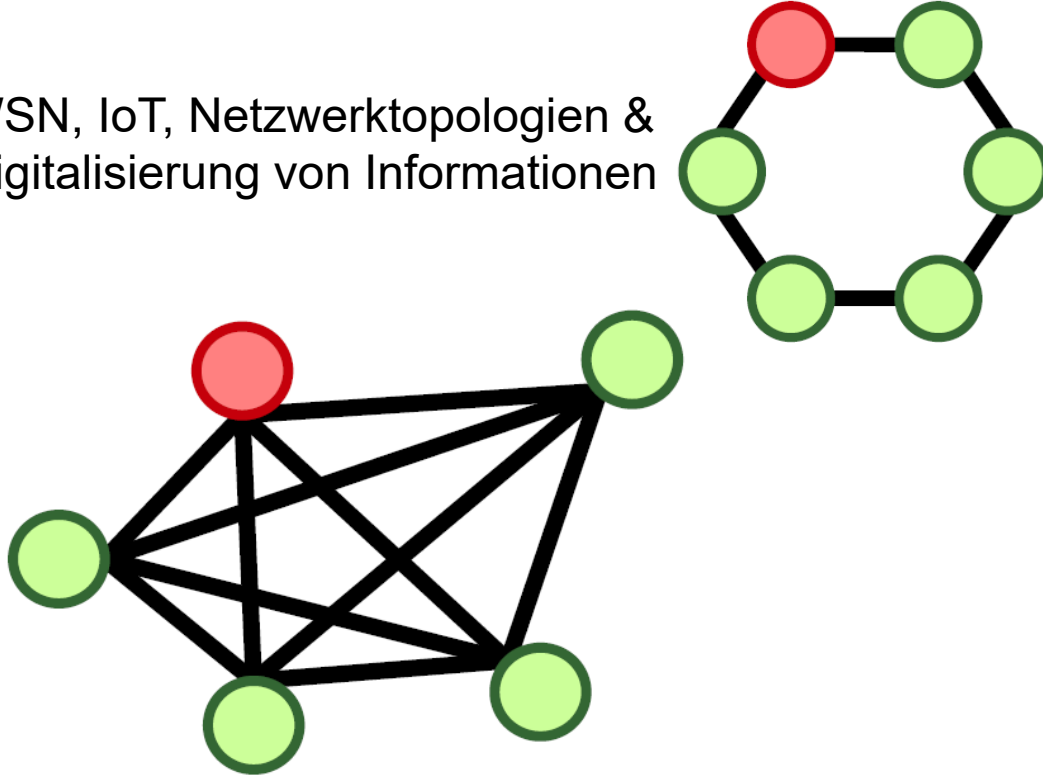
# RFID – weitere Anwendungsbereiche

## Weitere Anwendungen

- RFID im Gesundheitswesen:
  - Kennzeichnung von Blutkonserven
  - Überwachung kardiologischer Werte
- RFID beim Marathon
  - Passive Tags, Daten über WLAN an zentralen Computer
  - Automatische zentrale Erfassung, Streckenkontrolle per SMS
- RFID und Bücher
  - Realisierung von Komfortfunktionen in Bibliotheken und Museen
  - Einsatz in Zentralbibliothek Wien

# Ausblick

WSN, IoT, Netzwerktopologien &  
Digitalisierung von Informationen



Dezimal	Binär	Hexadez.
0	0	0
1	1	1
2	10	2
3	11	3
4	100	4
5	101	5
6	110	6
7	111	7

# UbiComp – Teil 2: Technologien Eine Übersicht

## Fragen?